

Dispositif et procédé de positionnement et de contrôle de véhicules ferroviaires à bandes de fréquence ultra larges.

- 5 Pour l'aménagement des grandes agglomérations urbaines qui ont vu leur population croître très rapidement au XX<sup>ème</sup> siècle, la voie ferrée souterraine reste la solution de référence pour les transports collectifs. Ces voies au moins partiellement souterraines répondent en effet au souci récent de libérer le centre des agglomérations de tout véhicule et de les rendre à la libre circulation à pieds des citoyens tout en traversant radialement ces
- 10 agglomérations et en étant donc plus efficaces que les rocades. Toutefois, l'amélioration de la qualité de service ou du sentiment de sécurité des passagers transportés par un système de transport ferroviaire urbain entièrement automatisé requiert beaucoup d'efforts dans de nombreux domaines.
- 15 Elle requiert tout d'abord une communication sol - véhicule ferroviaire permanente et de grande capacité de transmission pour répondre, en plus des besoins de base d'échange d'information entre des automatismes de bord et de sol, à l'apparition de besoins nouveaux tels que la surveillance par caméras vidéos de l'intérieur du véhicule pour la sécurité des passagers ou la
- 20 transmission de communications à haut débit à l'usage des passagers, de type information multimodale ou services multimédias.
- On assiste parallèlement à une augmentation de la distance moyenne entre les stations des lignes de transport ferroviaire urbain par rapport au réseau ancien. Cette distance qui est d'environ 500 m sur l'ancien réseau
- 25 métropolitain de Paris est, par exemple, passée à 2000 m sur la ligne automatique "Météor" construite en 1998. Cet allongement de l'intervalle entre les stations, qui dépend de l'aménagement des villes à desservir, permet d'augmenter la vitesse commerciale des rames de transport pour atteindre des vitesses proches de 50 km/h alors qu'elles ne sont que
- 30 d'environ 25 km/h sur les réseaux anciens. Ce gain en vitesse ne vise pas seulement une diminution du temps de trajet moyen de l'usager mais aussi de permettre un flux de passagers suffisant pour répondre aux périodes dites de pointe.
- A cette augmentation de la distance moyenne inter-stations s'ajoute un souci
- 35 de faciliter, de plus en plus, la maintenance des lignes et de ne disposer que

de très peu d'éléments au sol, en voie et en inter-stations tels que supports de communication, balise... En absence de support de communication (câble, guide rayonnant...), une technologie radio en propagation libre est donc employée.

- 5 Tous les systèmes de pilotage actuels en service utilisent des signaux sinusoïdaux fondés sur des technologies radio bande étroite ou à étalement de spectre. Les équipements radio sont donc de préférence installés de loin en loin en station.

- 10 Toutefois, lorsque l'on considère la propagation de signaux radioélectriques sinusoïdaux en tunnel, en basse fréquence, soit jusque quelques centaines de MHz, ces signaux s'atténuent très rapidement. L'atténuation peut atteindre des valeurs de l'ordre de 30 à 40 dB par 100 m à 100 MHz en tunnel routier. Cette caractéristique physique rend donc leurs utilisations incompatibles avec les portées inter-stations couramment envisagées en transport guidé urbain  
15 moderne (de l'ordre du kilomètre).

- L'objectif de la présente invention est donc de proposer un dispositif et un procédé de positionnement et de contrôle de véhicules ferroviaires à bandes de fréquence ultra larges simple dans leur conception et dans leur mode opératoire, à très haut transfert de données et économique, limitant les  
20 risques d'interférences avec d'autres systèmes de communication sans fils, permettant une télécommunication véhicule ferroviaire-sol avec une couverture radioélectrique, notamment en tunnel, proche de 100% et à grande disponibilité, une odométrie du véhicule ferroviaire très fiable et une perception de l'environnement frontal dudit véhicule pour la détection  
25 d'obstacle et donc une sécurité renforcée des passagers. Ce système permet également d'assurer une communication directe entre véhicules, qui s'avérerait nécessaire dans certains modes d'exploitation.

- A cet effet, l'invention concerne un dispositif de positionnement et de contrôle de véhicules ferroviaires comprenant des postes fixes comportant des premiers moyens d'émission – réception de signaux et un poste central  
30 de contrôle auxquels sont reliés les postes fixes et contrôlant une zone de transport.

Selon l'invention,

- chaque véhicule ferroviaire comprend des deuxièmes moyens d'émission – réception de signaux comportant un identifiant spécifique de l'émetteur et au moins un message,
  - les signaux émis par les premiers moyens d'émission – réception des postes fixes comportent un identifiant spécifique de l'émetteur et au moins un message,
  - le poste central de contrôle envoie des ordres de contrôle commande ferroviaire,
  - chaque véhicule ferroviaire et chaque poste fixe comprennent des moyens de traitement pour déterminer l'identifiant et au moins ledit message de chaque signal reçu,
  - les signaux des premiers et deuxièmes moyens d'émission – réception sont des signaux radio non sinusoïdaux à très grande bande passante dont le spectre de fréquence est compris entre 1 et 10 GHz.
- On appelle, ici, " véhicule ferroviaire ", tout système de transport guidé que le guidage soit assuré par voies ferrées, des longrines ou tout autre moyen. Dans différents modes de réalisation particuliers du dispositif de positionnement et de contrôle de véhicules ferroviaires, chacun ayant ses avantages particuliers et susceptibles de nombreuses combinaisons techniques possibles:
- chaque véhicule ferroviaire comporte d'une part, des moyens pour déterminer la position et la direction dudit véhicule dans la zone de transport et, d'autre part, des moyens pour déterminer une mesure de vitesse vraie dudit véhicule, lesdits moyens recevant des signaux des moyens de traitement,
  - chaque véhicule ferroviaire comporte des moyens pour détecter des obstacles passifs ou d'autres véhicules sur les voies recevant des signaux desdits moyens de traitement,
  - la localisation dans la zone de transport, la vitesse et la direction de chaque véhicule ferroviaire sont déterminées d'une part, et la détection d'obstacle est réalisée d'autre part, en temps réel et simultanément,
  - ledit identifiant spécifique est obtenu par codage pseudo aléatoire,
  - les ordres de contrôle commande ferroviaire émis par le poste central comprennent des instructions de navigation d'au moins un véhicule ferroviaire,

- lesdits ordres comprennent une communication pour ledit véhicule ferroviaire,

- 5       - le poste central de contrôle comprend une unité de traitement pour centraliser et traiter les données envoyées par les postes fixes et des moyens pour afficher lesdites données sur écran en temps réel.

L'invention concerne également un procédé de positionnement et de contrôle de véhicules ferroviaires comprenant des postes fixes comportant des premiers moyens d'émission – réception de signaux et un poste central de contrôle auxquels sont reliés les postes fixes.

10      Selon l'invention,

- chaque véhicule ferroviaire comprend des deuxièmes moyens d'émission – réception de signaux,
- on détermine un identifiant spécifique pour chacun des premiers et  
15       deuxièmes moyens d'émission – réception, lesdits signaux étant des signaux radio non sinusoïdaux à très grande bande passante dont le spectre de fréquence est compris entre 1 et 10 GHz comportant ledit identifiant et au moins un message,
- on détermine pour chacun des signaux reçus par le poste fixe et par  
20       chaque véhicule ferroviaire l'identifiant et au moins ledit message de ce signal par des moyens de traitement,
- on envoie des ordres de contrôle commande ferroviaire par le poste central de contrôle.

Dans différents modes de réalisation, la présente invention concerne également les caractéristiques suivantes qui devront être considérées  
25       isolément ou selon toutes leurs combinaisons techniquement possibles :

- on découpe la zone de transport contrôlée par le poste central et dans laquelle se déplacent les véhicules ferroviaires, en un réseau de points défini par la répétition d'une même maille élémentaire de longueur D,
- on fixe la longueur D de la maille élémentaire à typiquement quelques  
30       centaines de mètres,
- on envoie des ordres de contrôle commande ferroviaire par le poste central de contrôle à chaque véhicule ferroviaire pour qu'un seul véhicule soit compris à chaque instant sur la longueur D,

- on envoie des ordres de contrôle commande ferroviaire par le poste central de contrôle à au moins deux véhicules ferroviaires pour réaliser une manœuvre de rendez-vous sur la longueur D,

- la longueur D de la maille élémentaire est variable dans le temps,

5       - on détermine en temps réel à partir des signaux émis par chaque véhicule ferroviaire, la longueur D de la maille élémentaire, celle-ci étant au moins égale à la distance de sécurité  $D_{min}$  entre chaque véhicule, le poste central envoyant des ordres de contrôle commande ferroviaire à chaque véhicule ferroviaire pour maintenir ladite distance D entre chaque véhicule,

10       - on détermine par les deuxièmes moyens d'émission – réception et pour chaque véhicule ferroviaire en mouvement, des obstacles passifs sur les voies.

Le dispositif et le procédé de contrôle et de positionnement tel que décrit précédemment peuvent avantageusement être utilisés pour des rames  
15 automatiques de transport métropolitain.

L'invention sera décrite plus en détail en référence aux dessins annexés dans lesquels:

- la figure 1 est une représentation schématique du dispositif de positionnement et de contrôle de véhicules ferroviaires selon un mode de  
20 réalisation de l'invention.

La Figure 1 montre un dispositif de positionnement et de contrôle de véhicules ferroviaires selon un mode de réalisation particulier de l'invention. Ce dispositif comprend des postes fixes 1 comportant des premiers moyens  
25 d'émission – réception 2 de signaux. Il comprend également un poste central de contrôle 3 contrôlant une zone de transport et auxquels sont reliés les postes fixes 1. Ce poste central de contrôle 3 envoie des ordres de contrôle commande ferroviaire. Dans un mode de réalisation préféré, ces ordres comprennent des instructions de navigation pour au moins un véhicule  
30 ferroviaire 4 localisé dans la zone de transport contrôlée par ledit poste central 3. Ces ordres peuvent comporter de plus une communication à l'usage des passagers présents à bord dudit véhicule ferroviaire 4 de type information trafic, messages multimédias, ...

Les informations sol traitées par les postes fixes 1 peuvent être agrégées  
35 entre tous les postes fixes 1 par une liaison 5 point à point par exemple par

fibres optiques afin que le poste central de contrôle 3 ait une connaissance exhaustive des vitesses, positions et états de tous les véhicules ferroviaires 4 en circulation sur une ligne ou sur l'ensemble de la zone de transport.

Le poste central de contrôle 3 peut comprendre une unité de traitement pour  
5 centraliser et traiter les données envoyées par les postes fixes et des moyens pour afficher lesdites données sur écran en temps réel.

Chaque véhicule ferroviaire 4 comprend des deuxièmes moyens d'émission –  
réception 6 de signaux. Les signaux émis par les premiers et deuxièmes  
moyens d'émission – réception de signaux 2, 6 comportent un identifiant  
10 spécifique de l'émetteur et au moins un message. En effet, le long d'une ligne  
de transport guidé urbain, il existe un nombre fini de stations et donc de  
postes fixes 1 associés à chacune de ces stations, de l'ordre de quelques  
dizaines. Il existe également un nombre fini de véhicules ferroviaires 4 se  
déplaçant dans la zone de transport contrôlée par le poste central de contrôle  
15 3. Chaque poste fixe 1, et donc station, et chaque véhicule ferroviaire 4  
peuvent donc se voir attribuer un identifiant unique à l'instar des codes PRN  
des satellites GPS (système de positionnement global – Global positioning  
system).

On appelle, ici, "identifiant", un code et une identité spécifiques qui sont  
20 attribués à un émetteur. Ces identifiants sont connus de tout le réseau de  
transport mais non divulgués à l'extérieur car ces éléments sont tenus  
confidentiels afin d'améliorer la furtivité des communications et ainsi  
d'augmenter la sécurité globale du système de transport. Ces identifiants  
uniques par véhicule ferroviaire 4 et poste fixe 1 modulent un train  
25 d'impulsions selon une technique ultra large bande. En communication radio,  
l'écart entre impulsions successives peut, en effet, être maintenu constant ou  
varié par une information, un code ou les deux à la fois. Préférentiellement,  
ledit identifiant spécifique est obtenu par codage pseudo aléatoire.

On dispose d'un seul canal de transmission radio, typiquement en tunnel.  
30 Pour réaliser le dispositif de contrôle-commande, plusieurs véhicules  
ferroviaires ou postes fixes, doivent pouvoir accéder simultanément à ce  
canal radio. A l'instar de la constellation de satellites GPS, émettant tous sur  
le même canal radio en bande L, il est donc associé à chaque élément  
véhicule ferroviaire ou poste fixe de communication du réseau de transport un  
35 code particulier issu d'une famille (par exemple, famille des codes de Gold

dans le\_cas des satellites GPS ou encore des codes issus de familles fonctions orthogonales). Une propriété particulièrement recherchée de cette famille de codes réside dans ses propriétés d'orthogonalité qui permettent à un récepteur de discriminer les signaux, dans ce domaine des codes, avec un minimum d'interférences.

Les signaux des premiers et deuxièmes moyens d'émission – réception 2, 6 sont des signaux radio à très grande bande passante dont le spectre de fréquence est compris entre 1 et 10 GHz. En effet, pour ces hautes fréquences, le tunnel s'apparente à un guide d'ondes surdimensionné. Dès lors, pour des sections de tunnel de quelques centaines de mètres, les signaux de fréquences 1 à 10 GHz s'atténuent beaucoup plus faiblement. Il en résulte que les bilans de transmission de ces signaux sont compatibles avec une portée de l'ordre du kilomètre. Ces signaux se trouvent donc parfaitement encadrés dans la gamme de fréquence se propageant efficacement en tunnel de métro. De plus, la large étendue spectrale des signaux exploités ainsi que la durée élémentaire très faible (de l'ordre de la nanoseconde) d'un signal ultra large bande permettent, de s'affranchir des conditions difficiles de propagation en tunnel caractérisées par des chemins multiples nombreux liés aux réflexions sur les parois ainsi qu'à des étalements de signaux qui peuvent atteindre, en tunnel, quelques dizaines de nanosecondes. La technologie ultra large bande permet donc d'avoir une couverture radioélectrique optimale nécessaire à un système de pilotage automatique de véhicules ferroviaires du type rame de métro automatique.

Les premiers et deuxièmes moyens d'émission – réception 2, 6 comprennent par exemple une antenne large bande 7. Cette antenne 7 peut être, lorsque l'on souhaite un rayonnement peu directif, en embarqué par exemple, un monopôle de type disque circulaire ou un dipôle constitué de deux disques circulaires. Cette disposition, parmi de nombreuses autres solutions d'antennes large bande, permet d'obtenir la bande passante requise de 1 à 10 GHz pour des diamètres de disque inférieurs à une dizaine de centimètres. Ces antennes 7 peuvent également être placées, par exemple en station pour des postes fixes 1, au foyer d'une parabole ou d'un élément de focalisation à large bande afin d'en augmenter la directivité et d'améliorer le bilan de transmission de la liaison sol - véhicule ferroviaire.

Chaque véhicule ferroviaire 4 et chaque poste fixe 1 comprennent des moyens de traitement 8 pour déterminer l'identifiant et au moins ledit message de chaque signal reçu. Ainsi, puisque l'émetteur de chaque poste fixe 1 ou de chaque véhicule ferroviaire se voit attribuer un code spécifique et

5 que les premiers et deuxièmes moyens d'émission - réception 2, 6 comportent en mémoire de stockage les identifiants des différents moyens d'émission - réception ultra large bande du réseau, chaque récepteur ultra large bande fixe ou mobile peut jouer en local ces différents identifiants et tenter de

10 décoder par corrélation les signaux émanant des premiers moyens d'émission - réception 2 des postes fixes 1 (stations) ou des deuxièmes moyens d'émission - réception 6 émanant des véhicules ferroviaires 4, du type rames à portée radioélectrique. Chaque moyen d'émission - réception 2, 6 dispose ainsi de:

- 15 - Une ou plusieurs voies de traitement verrouillées sur les codes des postes fixes 1 (stations) et véhicules ferroviaires 4 (rames) en portée radio. Elles récupèrent les données d'exploitation transmises (identité, vitesses, positions, état des rames et stations...);
- Une voie ou plusieurs voies de traitement calculent les vitesses par rapport aux postes fixes 1 ou véhicules ferroviaires 4 avec lesquelles la
- 20 communication ultra large bande est établie ;
- Une voie calcule la distance entre stations afin de déterminer la position de la rame 4 entre deux stations intermédiaires identifiées de la zone de transport ;
- Une voie scrute l'apparition de nouveau véhicules ferroviaires 4 ou
- 25 postes fixes 1 dans la zone de couverture radio en générant localement l'ensemble des codes véhicules 4 et postes fixes 1 et en tentant de détecter par corrélation un signal nouveau utile.

Chaque poste fixe 1 peut donc connaître les informations de base relatives aux véhicules ferroviaires 4 qui circulent dans sa zone de couverture 9. Il est

30 possible au sol de mesurer à distance les vitesses et positions de ces véhicules ferroviaires 4 ou bien encore de recevoir ces informations élaborées à bord du véhicule ferroviaire 4 sur la base de l'analyse des signaux à bande ultra large échangées entre le sol et les véhicules 4.

L'ensemble des véhicules ferroviaires 4 peut calculer sa distance aux stations

35 fixes aval et amont où ils sont localement situés. Les véhicules 4 peuvent



également acquérir les informations d'identité, de vitesse et de position par rapport aux autres véhicules 4 qui se trouvent à proximité.

5 Ce dispositif de positionnement et de contrôle permet une odométrie train précise. Elle comprend une localisation précise des véhicules ferroviaires 4 (rames...) dans la zone de transport capable d'autoriser à titres d'exemples le « tir au but », soit la capacité à gérer automatiquement l'arrêt de véhicules ferroviaires 4 précisément devant des portes palières ou encore l'entrée sur une zone de voie particulière de quelques centaines de mètres appelée canton. En première approximation, les véhicules ferroviaires 4 se déplacent  
10 selon une seule dimension le long des voies. Une mesure de distance par rapport à un repère fixe amont et/ou aval tel que fondé sur le temps de vol de signaux issus d'équipements géolocalisés et situés en stations amont/aval détermine, de façon certaine et précise, la position absolue du mobile guidé. En considérant de nouveau l'ordre de grandeur de la durée d'une impulsion  
15 élémentaire ultra large bande, de l'ordre de la nanoseconde quelle que soit la forme d'onde employée, cette durée correspond à une distance parcourue dans l'air d'environ 30 cm. Une résolution en distance égale à une fraction de cette longueur peut être obtenue par traitement du signal. Ceci conduit à une résolution en distance de l'ordre de quelques centimètres, ce qui est  
20 compatible notamment avec l'objectif de tir au but pour un arrêt précis devant une porte palière d'un véhicule ferroviaire 4. La technologie ultra large bande permet également d'atteindre, notamment par dérivation de cette distance, une mesure de vitesse « vraie du véhicule ferroviaire », réalisée sans pénaliser les capacités cinématiques des véhicules (pas d'essieu défreiné...) et performante y compris pour de faibles vitesses (détection de vitesse nulle -  
25 arrêt du véhicule).

Chaque véhicule ferroviaire 4 comporte également des moyens pour détecter des obstacles passifs sur les voies par la perception de l'environnement frontal du véhicule au moyen d'une technologie radar ultra large bande. Une  
30 voie verrouillée sur le code incident émis par les deuxièmes moyens d'émission- réception tente de détecter des obstacles passifs en voie. Cette surveillance autorise la détection d'obstacles (objets laissés sur la voie lors de travaux de nuit, chutes de pierre de la voûte d'un tunnel...) ou d'autres véhicules et permet de réagir sur le programme de vitesse de la rame  
35 (freinage d'urgence par exemple en cas d'obstacle inopiné). Dans ce dernier

cas, cette fonction de surveillance permet l'exploitation du système de transport selon des modes particuliers tels que l'accostage de véhicules en panne ou l'exploitation d'une ligne en rames scindables disposant, à titre d'exemple, d'un maximum d'éléments roulants au centre de la ligne et d'un  
5 minimum aux extrémités.

L'invention concerne également un procédé de positionnement et de contrôle de véhicules ferroviaires 4 comprenant des postes fixes 1 comportant des premiers moyens d'émission – réception 2 de signaux et un poste central de contrôle 3 auxquels sont reliés les postes fixes 1. Chaque véhicule  
10 ferroviaire 4 comprend des deuxièmes moyens d'émission – réception de signaux 6.

Selon ce procédé, on détermine un identifiant spécifique pour chacun des premiers et deuxièmes moyens d'émission – réception 2, 6, lesdits signaux étant des signaux radio non sinusoïdaux à très grande bande passante dont  
15 le spectre de fréquence est compris entre 1 et 10 GHz comportant ledit identifiant et au moins un message. On détermine pour chacun des signaux reçus par le poste fixe 1 et par chaque véhicule ferroviaire 4 l'identifiant et au moins ledit message de ce signal par des moyens de traitement. On envoie des ordres de contrôle commande ferroviaire par le poste central de contrôle.  
20 Une exploitation de ligne ferroviaire s'effectue selon deux modes possibles d'exploitation. Pour les deux modes, on découpe donc la zone de transport contrôlée par le poste central 3 et dans laquelle se déplacent les véhicules ferroviaires 4, en un réseau de points défini par la répétition d'une même maille élémentaire de longueur D.

La longueur D de la maille élémentaire peut être fixée à typiquement quelques centaines de mètres et on est alors en mode dit en cantons fixes. On envoie alors des ordres de contrôle commande ferroviaire par le poste central de contrôle 3 à chaque véhicule ferroviaire 4 pour qu'un seul véhicule soit compris à chaque instant sur la longueur D. Ce mode d'exploitation en  
25 cantons fixes (fixed block) est le mode d'exploitation le plus général. La ligne de métro, d'une longueur de quelques kilomètres, est divisée matériellement en une série de cantons de longueur fixe. Le système de pilotage automatique exploite les informations issues des trains et du sol (vitesse, position, détecteurs d'entrée et d'occupation de cantons) afin de tout mettre  
30 en œuvre pour qu'une rame et une seule occupe, à chaque instant, un

canton. A titre d'exemple, les automatismes fixes et embarqués vont dialoguer, préparer et gérer l'arrêt, en limite de canton amont, d'une rame qui tenterait de pénétrer sur un canton aval occupé par une autre rame.

La longueur D de la maille élémentaire peut également être variable dans le  
5 temps et on est alors en mode dit en cantons mobiles déformables (moving blocks). On détermine en temps réel à partir des signaux émis par chaque véhicule ferroviaire 4, la longueur D de la maille élémentaire, celle-ci étant au moins égale à la distance de sécurité  $D_{min}$  entre chaque véhicule, le poste central 3 envoyant des ordres de contrôle commande ferroviaire à chaque  
10 véhicule ferroviaire 4 pour maintenir ladite distance D entre chaque véhicule. Dans ce deuxième mode d'exploitation, la ligne ferroviaire n'est cette fois plus délimitée en cantons immuables mais un poste central de commande 3 reçoit les informations de vitesse et position de chacun des véhicules ferroviaires 4 de la ligne. Il calcule en permanence des intervalles de sécurité devant  
15 chacun des trains permettant à ceux-ci de s'arrêter en sécurité en cas de besoin. En fonction des capacités cinématique des trains (vitesse, capacités de freinage, adhérence), cette distance évolue rapidement. Ces informations sont rafraîchies en permanence sur la base des vitesses et positions transmises périodiquement par toutes les rames. Le sol calcule et envoie en  
20 retour à chacun des trains de la ligne des autorisations de vitesse et de parcours valables pendant une durée limitée de temps (qq. centaines de millisecondes). Ce mode d'exploitation permet en théorie d'exploiter un maximum de rames sur la ligne et donc d'optimiser la ressource de transport.

Grâce à la communication directe inter véhicule, ce calcul peut également  
25 s'effectuer à bord des rames sans avoir recours à des moyens techniques fixes, au sol. La gestion de la ligne s'effectue directement depuis les rames, le sol n'ayant qu'un rôle de supervision.

Un mode d'opération mixte existe cependant. Lorsqu'une rame tombe en panne ou, sur certaines lignes exploitées en rames scindables, des  
30 manœuvres de rendez-vous doivent avoir lieu afin qu'une rame puisse venir pousser hors exploitation la rame en panne ou venir s'accoupler à une rame existante afin d'offrir par exemple en zone centrale de ligne particulièrement chargée une capacité de transport supplémentaire. Dans ces deux cas de figure, une rame pénètre sur un canton occupé et le système doit gérer en

sécurité ce fonctionnement qui s'avère donc contraire au principe de base de l'exploitation d'une ligne en cantons fixes.

Le dispositif et le procédé de positionnement et de contrôle de véhicules ferroviaires 4, selon l'invention, peuvent avantageusement être mis en œuvre  
5 pour satisfaire une ou plusieurs des fonctions suivantes :

- i) communication sol- véhicule ferroviaire 4,
- ii) communication directe entre véhicules ferroviaires 4,
- iii) localisation précise des véhicules ferroviaires 4 (rames...) dans la zone de transport contrôlée par le poste central de commande 3,
- 10 iv) mesure de vitesse « vraie du véhicule ferroviaire », réalisée sans pénaliser les capacités cinématiques des véhicules (pas d'essieu défreiné...) et performante y compris pour de faibles vitesses (détection de vitesse nulle - arrêt du véhicule),
- 15 v) surveillance des obstacles passifs ou d'autres véhicules sur les voies par la perception de l'environnement frontal du véhicule ferroviaire au moyen d'une technologie radar ultra large bande.

### REVENDEICATIONS

1. Dispositif de positionnement et de contrôle de véhicules ferroviaires (4) comprenant des postes fixes (1) comportant des premiers moyens d'émission – réception (2) de signaux et un poste central de contrôle (3) auxquels sont reliés les postes fixes (1) et contrôlant une zone de transport, caractérisé en ce que,
- chaque véhicule ferroviaire (4) comprend des deuxièmes moyens d'émission – réception de signaux (6) comportant un identifiant spécifique de l'émetteur et au moins un message,
  - les signaux émis par les premiers moyens d'émission – réception (2) des postes fixes (1) comportent un identifiant spécifique de l'émetteur et au moins un message,
  - le poste central de contrôle (3) envoie des ordres de contrôle commande ferroviaire,
  - chaque véhicule ferroviaire (4) et chaque poste (1) fixe comprennent des moyens de traitement (8) pour déterminer l'identifiant et au moins ledit message de chaque signal reçu,
  - les signaux des premiers et deuxièmes moyens d'émission – réception (2, 6) sont des signaux radio non sinusoïdaux à très grande bande passante dont le spectre de fréquence est compris entre 1 et 10 GHz.
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque véhicule ferroviaire (4) comporte d'une part, des moyens pour déterminer la position et la direction dudit véhicule dans la zone de transport et d'autre part, des moyens pour déterminer une mesure de vitesse vraie dudit véhicule, lesdits moyens recevant des signaux des moyens de traitement.
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que chaque véhicule ferroviaire (4) comporte des moyens pour détecter des obstacles passifs ou d'autres véhicules sur les voies recevant des signaux desdits moyens de traitement.
4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la localisation dans la zone de transport, la vitesse et la direction de chaque véhicule ferroviaire (4) sont déterminées d'une part, et la détection d'obstacle est réalisée d'autre part, en temps réel et simultanément.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit identifiant spécifique est obtenu par codage pseudo aléatoire.

5 6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les ordres de contrôle commande ferroviaire émis par le poste central (3) comprennent des instructions de navigation d'au moins un véhicule ferroviaire (4).

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que lesdits ordres comprennent une communication pour ledit véhicule ferroviaire (4).

10 8. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le poste central de contrôle (3) comprend une unité de traitement pour centraliser et traiter les données envoyées par les postes fixes (1) et des moyens pour afficher lesdites données sur écran en temps réel.

15 9. Procédé de positionnement et de contrôle de véhicules ferroviaires comprenant des postes fixes (1) comportant des premiers moyens d'émission – réception de signaux (2) et un poste central de contrôle (3) auxquels sont reliés les postes fixes (1), caractérisé en ce que,

- 20 - chaque véhicule ferroviaire (4) comprend des deuxièmes moyens d'émission – réception (6) de signaux,  
- on détermine un identifiant spécifique pour chacun des premiers et deuxièmes moyens d'émission – réception (2, 6), lesdits signaux étant des signaux radio non sinusoïdaux à très grande bande passante dont  
25 le spectre de fréquence est compris entre 1 et 10 GHz comportant ledit identifiant et au moins un message,  
- on détermine pour chacun des signaux reçus par le poste fixe (1) et par chaque véhicule ferroviaire (4) l'identifiant et au moins ledit message de ce signal par des moyens de traitement (8),  
30 - on envoie des ordres de contrôle commande ferroviaire par le poste central de contrôle (3).

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'on découpe la zone de transport contrôlée par le poste central (3) et dans laquelle se déplacent les véhicules ferroviaires (4), en un réseau de points défini par la  
35 répétition d'une même maille élémentaire de longueur D.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'on fixe la longueur D de la maille élémentaire à typiquement quelques centaines de mètres.

5 12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'on envoie des ordres de contrôle commande ferroviaire par le poste central de contrôle (3) à chaque véhicule ferroviaire (4) pour qu'un seul véhicule (4) soit compris à chaque instant sur la longueur D.

10 13. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'on envoie des ordres de contrôle commande ferroviaire par le poste central de contrôle (3) à au moins deux véhicules ferroviaires pour réaliser une manœuvre de rendez-vous sur la longueur D.

14. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que la longueur D de la maille élémentaire est variable dans le temps.

15 15. Procédé selon la revendication 14 caractérisé en ce qu'on détermine en temps réel à partir des signaux émis par chaque véhicule ferroviaire (4), la longueur D de la maille élémentaire, celle-ci étant au moins égale à la distance de sécurité  $D_{\min}$  entre chaque véhicule, le poste central (3) envoyant des ordres de contrôle commande ferroviaire à chaque véhicule ferroviaire (4) pour maintenir ladite distance D entre chaque véhicule.

20 16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 15 caractérisé en ce qu'on détermine par les deuxièmes moyens d'émission – réception (6) et pour chaque véhicule ferroviaire (4) en mouvement, des obstacles passifs sur les voies.

1/1

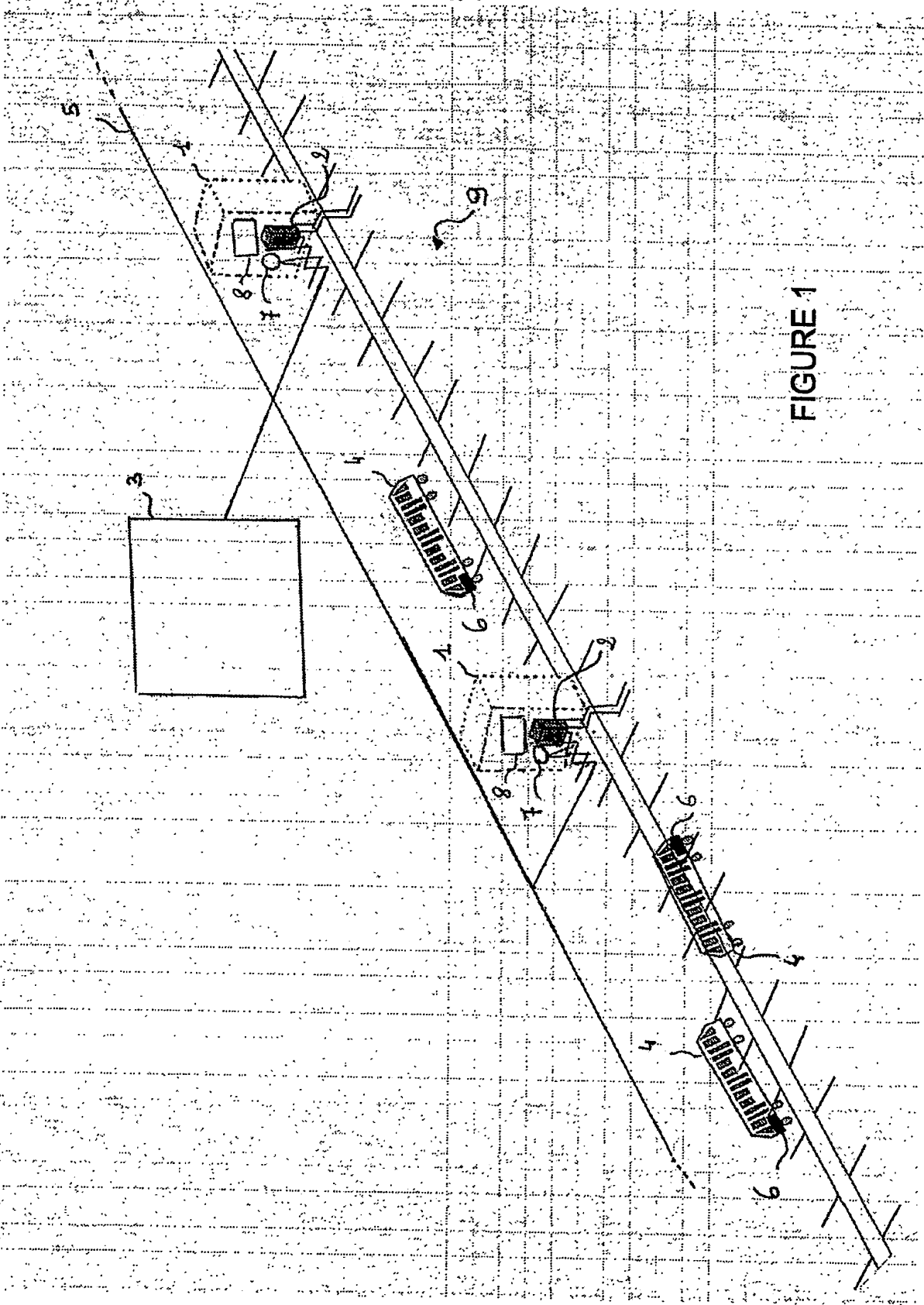


FIGURE 1



**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 7 B61L27/00 G01S5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B61L G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
X	US 5 420 883 A (HIMES JOHN G ET AL) 30 May 1995 (1995-05-30)	1,2,6-12
Y	column 4, line 51 - column 6, line 39 column 10, line 41 - column 11, line 19 column 17, line 5 - column 17, line 59 figures 1,8,9,20	3-5, 13-16
Y	DE 199 07 466 C (ABB DAIMLER BENZ TRANSP) 23 November 2000 (2000-11-23) the whole document	3,4, 13-16
Y	DE 43 36 799 A (SEL ALCATEL AG) 4 May 1995 (1995-05-04) claims	5
	----- -/-- -----	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C

☒ Patent family members are listed in annex

\* Special categories of cited documents

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance, the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

\*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 January 2005

Date of mailing of the international search report

12/01/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P B 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl,  
 Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Massalski, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
FR2004/050336

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No
A	US 5 366 183 A (GILL DAVID C) 22 November 1994 (1994-11-22) the whole document -----	9-16
A	EP 0 341 826 A (WESTINGHOUSE BRAKE & SIGNAL) 15 November 1989 (1989-11-15) the whole document -----	9-16

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5420883	A	30-05-1995	DE 69420101 D1 DE 69420101 T2 EP 0650429 A1 JP 2738464 B2 JP 7507752 T WO 9426571 A1 US 5428603 A	23-09-1999 13-04-2000 03-05-1995 08-04-1998 31-08-1995 24-11-1994 27-06-1995
DE 19907466	C	23-11-2000	DE 19907466 C1	23-11-2000
DE 4336799	A	04-05-1995	DE 4336799 A1 EP 0638871 A2	04-05-1995 15-02-1995
US 5366183	A	22-11-1994	GB 2264381 A CA 2088639 A1 ES 2071558 A2 HK 144795 A IT 1263148 B PT 101195 A , B SE 522823 C2 SE 9300433 A	25-08-1993 12-08-1993 16-06-1995 22-09-1995 01-08-1996 31-05-1994 09-03-2004 12-08-1993
EP 0341826	A	15-11-1989	DE 68916320 D1 DE 68916320 T2 EP 0341826 A2 GB 2218556 A , B HK 61292 A	28-07-1994 12-01-1995 15-11-1989 15-11-1989 21-08-1992

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 B61L27/00 G01S5/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 B61L G01S

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no des revendications visées
X	US 5 420 883 A (HIMES JOHN G ET AL) 30 mai 1995 (1995-05-30)	1,2,6-12
Y	colonne 4, ligne 51 - colonne 6, ligne 39 colonne 10, ligne 41 - colonne 11, ligne 19 colonne 17, ligne 5 - colonne 17, ligne 59 figures 1,8,9,20	3-5, 13-16
Y	DE 199 07 466 C (ABB DAIMLER BENZ TRANSP) 23 novembre 2000 (2000-11-23) le document en entier	3,4, 13-16
Y	DE 43 36 799 A (SEL ALCATEL AG) 4 mai 1995 (1995-05-04) revendications	5
	----- -/-	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent, l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent, l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

3 janvier 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

12/01/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P B 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Massalski, M

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no des revendications visées
A	US 5 366 183 A (GILL DAVID C) 22 novembre 1994 (1994-11-22) le document en entier -----	9-16
A	EP 0 341 826 A (WESTINGHOUSE BRAKE & SIGNAL) 15 novembre 1989 (1989-11-15) le document en entier -----	9-16

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

2004/050336

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5420883	A	30-05-1995	DE 69420101 D1	23-09-1999
			DE 69420101 T2	13-04-2000
			EP 0650429 A1	03-05-1995
			JP 2738464 B2	08-04-1998
			JP 7507752 T	31-08-1995
			WO 9426571 A1	24-11-1994
			US 5428603 A	27-06-1995
DE 19907466	C	23-11-2000	DE 19907466 C1	23-11-2000
DE 4336799	A	04-05-1995	DE 4336799 A1	04-05-1995
			EP 0638871 A2	15-02-1995
US 5366183	A	22-11-1994	GB 2264381 A	25-08-1993
			CA 2088639 A1	12-08-1993
			ES 2071558 A2	16-06-1995
			HK 144795 A	22-09-1995
			IT 1263148 B	01-08-1996
			PT 101195 A , B	31-05-1994
			SE 522823 C2	09-03-2004
			SE 9300433 A	12-08-1993
EP 0341826	A	15-11-1989	DE 68916320 D1	28-07-1994
			DE 68916320 T2	12-01-1995
			EP 0341826 A2	15-11-1989
			GB 2218556 A , B	15-11-1989
			HK 61292 A	21-08-1992